

MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS OFICIALES DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS (RISARALDA) 2007

Measuring the Efficiency in the Official Educational Institutions of the City of Dosquebradas (Risaralda) 2007

RESUMEN

En el presente trabajo se calculó y analizó la eficiencia relativa de las Instituciones Educativas del Municipio de Dosquebradas en el año 2007, para dar cumplimiento a los aspectos de la Ley 115¹ de 1994.

Esta eficiencia se calculó a cada una de las Instituciones empleando el método de Análisis Envolvente de Datos DEA (Modelo BCC-O²[1]). Además se calcularon las mejoras potenciales que indican a cada Institución no eficiente, en qué proporción debe incrementar sus productos para alcanzar la máxima eficiencia.

La clasificación de las variables en un conjunto de entrada y un conjunto de salida se hizo a criterio de expertos (autores de la investigación).

Posteriormente haciendo uso de la técnica multivariante Análisis de Correlación Canónica se logró demostrar la dependencia entre los conjuntos de variable de entrada y salida.

PALABRAS CLAVES: Análisis de Correlación Canónica, Análisis Envolvente de Datos, Eficiencia y Evaluación de la Educación.

ABSTRACT

The current research evaluate and analyze the relative efficiency of the educational Institutions in Dosquebradas (Risaralda) in the year 2007 which follow the law 115 from 1994.

This efficiency was evaluate for each one of the educational institutions using the method of data envelopment analysis DEA (Model BCC-O[1]), Then the potential improvement was calculate to inform to each no efficient institution the right percentage that the product should increase in order to reach the maximum efficiency.

The classification of variables in a set of inputs and outputs was done by experts criterion (researcher). After that using the correlation canonic analysis technique was proved the dependence between the set of input variables and the set of output variables.

KEYWORDS: Correlation Canonic Analysis, Data Envelopment Analysis, Educational Evaluation, Efficiency.

JOSE ADALBERTO SOTO MEJÍA

Físico, Ph.D

Profesor Titular

Universidad Tecnológica de Pereira

jomejia@utp.edu.co

SANTIAGO VÁSQUEZ ARTUNDUAGA

Licenciado en Matemáticas y Física

Especialista en Docencia Universitaria

Profesor Cátedra Auxiliar

Universidad Tecnológica de Pereira

s_vasqueza@utp.edu.co

JAIRO ALBERTO VILLEGAS FLÓREZ

Ingeniero Industrial

Profesor Cátedra Auxiliar

Universidad Tecnológica de Pereira

javi@utp.edu.co

¹ Ley General de Educación

² Modelo Banker, Charnes and Cooper orientado a las salidas

Fecha de Recepción: 15 de Septiembre de 2009.

Fecha de Aceptación: 28 de Octubre de 2009

1. INTRODUCCIÓN

La Revolución Educativa es la política que el actual gobierno³ ha implementado en todo el país, esta cubre cuatro aspectos importantes tendientes a mejorar la calidad de la educación, ellos son: **cobertura, calidad, pertinencia y eficiencia.**

Este trabajo midió el desempeño de las 16 instituciones educativas del Municipio de Dosquebradas (Rda) en el año 2007. Lo cual permitió observar cuales estaban cumpliendo con el Plan Sectorial 2006 – 2010⁴, que les exige a las instituciones educativas el cumplimiento de aspectos relacionados con la calidad de la educación.

Con el objetivo de medir la eficiencia relativa de cada una de las 16 instituciones educativas del municipio de Dosquebradas en el año 2007 se aplicó la técnica de análisis envolvente de datos (DEA-Data Envelopment Analysis).

A continuación se describen de manera sucinta cada una de las secciones que componen el siguiente trabajo:

La sección 2 contiene el marco conceptual de los fundamentos teóricos del Análisis Envolventes de Datos (DEA) y Análisis de Correlación Canónica (ACC).

La sección 3 contiene los resultados obtenidos al aplicar el Análisis de Correlación Canónica y el análisis envolvente de datos mediante el modelo (BCC-O)⁵. Por último en la sección 4 se presentan las conclusiones y se plantean algunas recomendaciones para trabajos futuros.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

El análisis envolvente de datos es un método usado para estimar la medida de la eficiencia relativa de una DMU⁶, a partir de la obtención de una frontera de eficiencia, hallada con información recopilada de un conjunto inicial de observaciones, cuando se desconocen relaciones funcionales entre las entradas y las salidas que intervienen en un problema. El objetivo fundamental de DEA es optimizar la eficiencia relativa de cada DMU, para establecer una frontera de eficiencia.

2.1. Modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper) [1]

El modelo básico CCR considera que existen rendimientos constantes a escala, permitiendo a las empresas más eficientes ser la referencia de otras empresas con características muy diferentes respecto a la escala de producción. Sin embargo, el supuesto de

rendimientos constantes a escala no siempre se cumple, es decir, puede suceder que algunas DMU's no operen a una escala óptima por la existencia de competencia imperfecta, restricciones financieras, normativas, etc. Para solucionarlo, Banker, Charnes y Cooper formularon un modelo que tuviera en cuenta los rendimientos a escala variables y poder así calcular la eficiencia técnica pura (ETP), separándola de los efectos de escala o eficiencia de escala (EE) derivados de utilizar el modelo CRS en las condiciones anteriores⁷. Para imponer la condición de que la comparación se efectúe entre empresas de las mismas características, es necesario incluir una restricción adicional de convexidad en el modelo. Es decir, para obtener un modelo VRS de cualquier orientación, basta con agregar una restricción adicional a las especificaciones anteriores:

$$\sum_{r=1}^n \lambda_r = e\lambda = 1 \quad (1)$$

Donde e es un vector fila con todos sus elementos igual a uno:

$$e = (1, \dots, 1)$$

Esta restricción asegura que una unidad ineficiente sólo sea comparada con unidades productivas de similar tamaño. Sin esta restricción, la unidad bajo análisis puede ser comparada con otras sustancialmente mayores o menores. Es decir, en el modelo BCC las DMU's ineficientes se comparan únicamente con las unidades eficientes que operan en una escala semejante. Por esta razón, también aparecerán mas DMU's en la frontera eficiente al emplear el modelo BCC. Así, el modelo BCC, Barnes, Charnes y Cooper, construye una frontera más flexible adaptada a las distintas escalas de producción de cada DMU, que identifica su ineficiencia técnica pura, separando esta del efecto de escala. El modelo BCC orientado a outputs Cooper, Seiford y Tone lo definen de la siguiente forma:

$$\max \eta\beta \quad (2)$$

Sujeto a:

$$X\lambda \leq x_0 \quad (3)$$

$$\eta\beta y_0 - Y\lambda \leq 0 \quad (4)$$

$$e\lambda = 1 \quad (5)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (6)$$

2.2. Análisis de Correlación Canónica (ACC) [2]

³ Ley 115 de 1994

⁴ El Plan Sectorial 2006-2010 se constituye en el compromiso del Gobierno de cara a los desafíos plasmados en el plan decenal. El Plan Sectorial se desarrolla alrededor de cuatro políticas fundamentales: cobertura, calidad, pertinencia y eficiencia; y para cada una de estas políticas se propone una serie de metas y estrategias que constituyen el derrotero que orientará la acción del sector educativo durante este cuatrienio.

⁵ Modelo Banker, Charnes and Cooper orientado a las salidas

⁶ Decision Making Unit. Unidad de toma de decisión

⁷ NUÑEZ RODRIGUEZ, Asunción. Evaluación de la actividad de distribución eléctrica en España mediante fronteras de eficiencia. Madrid 2004

El ACC es un modelo estadístico multivariante que facilita el estudio de las interrelaciones entre múltiples variables criterio (dependientes) y múltiples variables predictoras (independientes); es decir que mientras la regresión múltiple predice una única variable dependiente a partir de un conjunto de variables independientes.

El ACC busca una combinación lineal de un conjunto de variables numéricas independientes y una combinación lineal de un segundo conjunto de variables dependientes también numéricas correlacionadas al máximo.

3. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS ACC

Obtención de las variables canónicas y valoración del ajuste global

Al inicio de la presente investigación por juicio de expertos se establecieron las siguientes variables objeto de estudio: un primer conjunto compuesto por las variables de entrada siguientes (CAPACIDAD INSTALADA, NÚMERO DE AULAS, NÚMERO DE DOCENTES, NÚMERO DE DIRECTIVOS Y NOMINA DOCENTE) y un segundo conjunto por las siguientes variables de salida (SABER_9, ICFES, MATRICULA, EGRESADOS_NOVENO, y EGRESADOS_UNDECIMO).

Después de tener separadas las variables en sus respectivos conjuntos se realizó un análisis de correlación canónica para verificar la dependencia entre ambos conjuntos, para determinar el número de funciones canónicas a incluir en el estudio, el análisis estadístico se centró en: a) nivel de significancia estadística, b) la significancia práctica de la correlación canónica y, c) los índices de redundancia para cada valor teórico.

Significancia Estadística

El primer contraste de significancia estadística es para las correlaciones canónicas de cada una de las cinco funciones canónicas

Dimension Reduction Analysis				
Roots	Wilks L.	F Hypoth.	DF	Sig. of F
1 TO 5	,00084	5,45520	25,00	,000
2 TO 5	,10560	1,49656	16,00	,187
3 TO 5	,51683	,67918	9,00	,719
4 TO 5	,79962	,53234	4,00	,714
5 TO 5	,99269	,07363	1,00	,792

Tabla 1. Medidas de ajuste global del modelo para el análisis de correlación canónica (Análisis de reducción de la dimensión)

La prueba de significancia está basada en el estadístico F, en la última columna de la tabla anterior se observa que

sólo la función canónica 1 es significativa al 5%, pues su nivel de significancia observada es 0.000 (Se ha resaltado en la tabla anterior).

Significancia Práctica

El análisis de significancia práctica se basa en la siguiente tabla 2.

Root.	E.value	Pct.	Cum. Pct.	Can Cor.	Sq. Cor
1	124,9	96,38	96,38	,99	,99
2	3,89	3,00	99,38	,89	,79
3	,54	,42	99,80	,59	,35
4	,24	,18	99,994	,44	,19
5	,00	,006	100,00	,08	,007

Tabla 2 Medidas de ajuste global del modelo para el análisis de correlación canónica (correlación canónica y valores propios) - eigenvalues and canonical correlations.

Nótese que el mayor coeficiente de determinación (Sq. Cor) corresponde al primer par de variables canónicas: U₁, V₁, (Sq. Cor = R² = ,992), valor que es alto, indicando una alta significancia práctica e interpretándose que el 99.2% de la variabilidad de U₁ (combinación lineal de las variables Dependientes) está siendo explicada por V₁ (combinación lineal de las variables Independientes).

Análisis de Redundancia

Este índice de redundancia, se calcula multiplicando dos componentes (varianza explicada compartida de la variable canónica, por la correlación canónica al cuadrado), Por esta razón el cálculo del **Índice de Redundancia** es un proceso en dos fases.

Cantidad de Varianza Compartida (primera fase)

Interesa la correlación entre la primera variable canónica dependiente y cada una de las variables originales dependientes.

Correlations between DEPENDENT and canonical variables

Function No.

Variable	CAN. VAR No 1
SABER_9	-,262
ICFES	-,636
EGRESADO	,450
EGRESA_1	,806
MATRICUL	,975

Tabla 3. Correlaciones lineales simples (cargas canónicas), entre las variables dependientes (dependent) y la primera variable canónica (u₁).

En la tabla 3, estas correlaciones simples también reciben el nombre de **cargas canónicas** y reflejan la varianza

que la variable original observada comparte con el valor teórico canónico correspondiente y puede ser interpretada como una carga factorial para valorar la contribución relativa de cada variable a cada variable canónica.

Elevando al cuadrado cada una de las cargas canónicas se puede obtener una medida de la variación en cada variable dependiente explicada por la primera variable canónica (Varianza compartida). Para calcular la cantidad de varianza compartida explicada por la primera variable canónica, se halla una media de las cargas al cuadrado, así:

Varianza compartida =

$$\frac{\sum_{i=1}^5 R_i^2}{5} = \frac{(-0.262)^2 + (-0.636)^2 + (0.450)^2 + (0.806)^2 + (0.975)^2}{5} = \frac{2.2759}{5} = 0.45542$$

Cantidad de Varianza Explicada (segunda fase)

La cantidad de varianza explicada, corresponde simplemente a la correlación canónica al cuadrado del primer par de variables canónicas, es decir el R_1^2 .

Los valores de las correlaciones canónicas se presentan en la siguiente tabla, (Significancia Práctica)

Root No.	Canon Cor.	Sq. Cor
1	,996	,992
2	,892	,796
3	,595	,354
4	,441	,194
5	,085	,007

Tabla 4. Medidas de ajuste global del modelo para el análisis de correlación canónica (correlación canónica y r^2 canónico).

Se resalta el coeficiente de determinación (R^2 canónico) de la primera variable canónica, pues solo la primera variable canónica es la que tiene significancia estadística.

Índice de Redundancia [2] [3]

Para obtener un **Índice de Redundancia** alto se debe de tener una alta correlación canónica y un alto grado de varianza compartida explicada por la variable canónica. Índice de Redundancia para la primera variable canónica dependiente.

IR= (0.4552)*(0.992)= 0.4516

Por lo tanto el grupo de variables dependientes (**SABER_9, ICFES, MATRICULA, EGRESADOS_NOVENO, EGRESADOS_UNDECIMO**) es el conjunto de *INPUTS*, y el grupo de variables independiente: **CAPACIDAD INSTALADA, NUMERO DE AULAS, NUMERO DE DOCENTES, NUMERO DE**

DIRECTIVOS, Y NOMINA DOCENTE. Es el conjunto de *OUTPUTS*, para alimentar el modelo DEA⁸.

3.2. RESULTADOS DEA

Analizado el contexto de funcionamiento de las Instituciones Educativas (DMU's) y de los diferentes tipos de modelos para medir la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos, se considera que el más adecuado para el logro de los objetivos propuestos es el modelo BCC (Orientado a las salidas), ya que este modelo permite que al evaluar la eficiencia de una institución educativa, esta se compare solo con las eficientes de similar tamaño. En nuestro caso la Institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo cuenta con 3026 estudiantes, mientras que la Institución Educativa Hogar Nazaret tiene 503 estudiantes, esto ubica a todas las instituciones objeto de investigación en diferentes escalas de producción. A continuación se citan las variables de entrada definitivas (**CAPACIDAD_INSTALADA, NÚMERO DE AULAS, NÚMERO_DIRECTIVOS_DOCENTES Y NÓMINA_DOCENTE**) están reguladas por el Gobierno Municipal, lo que obliga a que la orientación del modelo a implementar sea "orientado a las salidas" (**EGRESADOS_UNDECIMO, EGRESADOS_NOVENO, SABER_9, ICFES Y MATRICULA**).

La tabla 5 muestra la clasificación de las Instituciones Educativas obtenidos al implementar el modelo BCC-O, según la medida de su eficiencia. De la tabla 5, se puede observar que 12 de las 16 Instituciones son clasificadas por el modelo BCC – O como eficientes.

Rank	DMU	Score
1	Agustín Nieto	1
1	Santa Sofía	1
1	Pablo Sexto	1
1	Santa Juana del Lestonac	1
1	María Auxiliadora	1
1	Cristo Rey	1
1	Popular Diocesano	1
1	Hogar Nazaret	1
1	Empresarial	1
1	Bosques de la Acuarela	1
1	Guadalupe	1
1	Manuel Elkin Patarroyo	1
13	Fabio Vásquez Botero	0,99836831
14	Santa Isabel	0,99036032
15	Juan Manuel González	0,96960005
16	Nueva Granada	0,93796944

Tabla 5. Clasificación de las Instituciones Educativas dada por el modelo BCC_O

TABLERO DE MANDO [1]

⁸ Modelo BCC-Output

El tablero de mando es una herramienta que suministra al investigador información valiosa para que este diseñe estrategias y acciones tendientes a mejorar la medida de la eficiencia a partir del correcto uso de los recursos disponibles, en cada una de las Instituciones Educativas.

No.	DMU I/O	Score Data	Projection	Difference	%
1	Juan Manuel Gonzalez	0,969600047			
	capacidad_instalada	990	840,6362666	-149,363733	-15,09%
	Numero de aulas	28	26,59831499	-1,40168501	-5,01%
	Numero_Docentes	55	53,28089997	-1,71910003	-3,13%
	Numero_directivos_Docentes	4	3,514044998	-0,485955	-12,15%
	nomina_docente	821757660	630508411,1	-191249249	-23,27%
	EGRESADOS UNDECIMO	62	78,99157494	16,99157494	27,41%
	EGRESADOS NOVENO	105	125,3047774	20,30477744	19,34%
	saber_9	59,3825	62,51741565	3,134915653	5,28%
	icfes	45,526	46,95338056	1,427380565	3,14%
	Matricula	1574	1623,349756	49,34975637	3,14%

Tabla 6. Fragmento de tablero de mando

La tabla 6 muestra la proyección para que la Institución Educativa Juan Manuel González catalogada como ineficientes pueda lograr ser eficiente; Por ejemplo en la variable **SABER 9** en la cual el valor actual es de 59,3825 (ver la fila 10) debe de proyectarse a un valor de 62,5174 lo que indica que debe mejorar en un 5,28% esa variable. Igualmente pueden analizarse las demás variables de salida (EGRESADOS UNDECIMO, EGRESADOS NOVENO, ICFES Y MATRICULA).

Adicionalmente el tablero de mando muestra si las variables del modelo sobrepasan sus límites establecidos. Dentro de las variables del modelo existen dos que se deben controlar: **SABER 9⁹** E **ICFES¹⁰**, ambas variables tienen como límite superior 100, si en las proyecciones para estas variables se hubiesen observado que alguna de ellas en cualquiera de las instituciones sobrepasase dicho límite, sería necesario implementar un modelo que permitiese la restricción de las variables mencionadas, por lo que sería conveniente implementar un modelo con restricciones en el límite superior de esas variables.

Por ser un modelo orientado a las salidas, ellas son las únicas que se pueden modificar para mejorar la eficiencia, pero si miramos por ejemplo el caso de la variable de entrada Número_Docentes (ver fila 5), para mejorar su eficiencia la institución educativa Juan Manuel González debería disminuir de 55 docentes a 53,28 docentes.

También podría disminuir en la variable de entrada capacidad_instalada (ver fila 3) de 990mts² a 840,63 mts²

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A manera de conclusión de la sección de Análisis de correlación Canónica, al encontrar el índice de redundancia de 0.4516 (que es relativamente bajo), pero tanto la significancia estadística y significancia Práctica,

⁹ Mide los resultados en las competencias básicas de los estudiantes de grado noveno

¹⁰ Mide los resultados en las competencias básicas de los estudiantes de grado undécimo

se concluye que el grupo de variables dependientes (**DEPENDENT**): SABER_9, ICFES, MATRICULA, EGRESADOS_NOVENO, EGRESADOS_UNDECIMO, así como el grupo de variables independientes (**COVARIATES**): CAPACIDAD INSTALADA, NUMERO DE AULAS, NUMERO DE DOCENTES, NUMERO DE DIRECTIVOS, NOMINA DOCENTE, Se relacionan (**No son independientes**).

Los resultados obtenidos con la aplicación del modelo de eficiencia (BCC-O), le permite a cada institución Educativa del Municipio de Dosquebradas, conocer en que medida deben incrementar sus productos educativos a fin de mejorar su eficiencia, o de manera precisa para el nivel de recursos asignados cuales deberían ser los resultados a ser obtenidos en comparación con Instituciones con características similares de operación.

También se recomienda incluir en futuras investigaciones variables tales como: Nivel de motivación y expectativa de estudios superiores de los estudiantes, nivel de Ingresos promedio del núcleo familiar, nivel educativo promedio de los padres de familia, tipo de conformación del hogar, calidad del ambiente familiar, etc.

Así mismo se recomienda a las instituciones Educativas hacer seguimiento a sus egresados en relación a la continuidad de estudios (Universitarios, técnicos, tecnológicos/SENA) así como también a la vinculación laboral. Las instituciones deben formular variables que permitan medir y registrar este seguimiento, pues esta información sería útil para cuantificar la **PERTINENCIA¹¹ DEL PROCESO EDUCATIVO**.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] SOTO MEJIA, José Adalberto, "Fundamentos teóricos y prácticos del análisis envolvente de datos". Primera Edición. Pereira, Universidad Tecnológica de Pereira, Septiembre de 2007.
- [2] PÉREZ LÓPEZ, César, "Técnicas de Análisis Multivariante de Datos, Aplicaciones con SPSS", Prentice Hall 2005 Madrid, Universidad Complutense de Madrid.
- [3] ANDERSON, Rolph E; BLACK; William C; HAIR, Jr. Joseph F; TATHAM, Ronald L. Análisis Multivariante, Quinta Edición, Universidad Autónoma de Madrid, 1999.

¹¹ El Plan Sectorial 2006-2010 se desarrolla alrededor de cuatro políticas fundamentales: cobertura, calidad, pertinencia y eficiencia; y para cada una de estas políticas se propone una serie de metas y estrategias que constituyen el derrotero que orientará la acción del sector educativo durante este cuatrienio.